

частицы пыли и мелкие капли шлака способны к сепарации на боковой стенке печи, где участвуют в формировании надежного гарнисажа.

Характер движения газов в печи определяет количество оседающей на электроды пыли. Сталеплавильная пыль состоит, в основном, из оксидов железа, которые в контакте с графитом и при высокой температуре начинают восстанавливаться. Происходит выгорание и разрушение электрода. Возможно выкашивание электрода при осыпании образовавшихся на его поверхности наслоений.

В случае рекомендованного расположения ТСУ степень осаждения частиц на поверхность электродов на порядок ниже (2,7 % в сравнении с 20,7 % для варианта фирмы «Danieli») [3].

Результаты компьютерного моделирования газодинамики рабочего пространства подтверждают, что оптимальное размещение горелочных устройств является важным условием обеспечения производительной и надежной работы печи. Предложенные рекомендации способствуют улучшению условия службы огнеупорной футеровки и электродов, могут потенциально обеспечить экономию энергоресурсов.

#### Список использованных источников

1. Особенности аэродинамики в рабочем пространстве современной дуговой сталеплавильной печи / Г. В. Воронов, М. В. Антропов, О. В. Порох // Новые огнеупоры. 2014. № 7. С. 19-21.
2. Моделирование энергоэффективных решений системы газоудаления дуговой сталеплавильной печи [Электронный ресурс] / Н. С. Тимошенко, А. Н. Семко, С. Н. Тимошенко. URL: <http://steellab.com.ua> (дата обращения 01.11.2015).
3. Очистка газов : справочник / В. С. Швыдкий, М. Г. Ладыгичев. М. : Теплоэнергетик, 2002. 640 с.

УДК 697.343 (076.5)

Голубенко С. А., Толстова Ю. И.  
Уральский федеральный университет  
[ytolstova@mail.ru](mailto:ytolstova@mail.ru)

## ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ПЕРЕВОДА СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА ЗАКРЫТУЮ СХЕМУ

**Аннотация.** Представлены результаты анализа основных направлений повышения эффективности систем теплоснабжения при переходе на закрытую схему. Установлено, что перевод систем теплоснабжения на закрытую схему – дорогостоящее мероприятие, требующее значительных капиталовложений, а экономический эффект не покрывает затрат на переоборудование тепловых пунктов объектов теплоснабжения.

Согласно Федеральному закону № 417-ФЗ от 07.12.2011, подключение объектов капитального строительства к централизованным открытым системам

теплоснабжения с отбором теплоносителя на нужды горячего водоснабжения не допускается. С 1 января 2022 года не допускается использование централизованных открытых систем теплоснабжения.

В качестве обоснования закона указываются экономические показатели и гигиенические требования к качеству горячей воды систем горячего водоснабжения. Однако наблюдается некоторое недопонимание проблемы и отсутствие аргументированных данных, подтверждающих эффективность принятого стратегического плана. В связи с этим для обоснования основных проектных решений требуются многовариантные расчёты, о необходимости которых указывается, например, в работе [1].

Город Екатеринбург вошёл в число городов, где уже приступили к разработке схем закрытого теплоснабжения, когда горячая вода готовится посредством нагрева холодной воды в центральных (ЦТП) или индивидуальных (ИТП) тепловых пунктах.

В инженерной практике принято оценивать основные решения по экономическим условиям: оптимальному варианту должны соответствовать минимальные затраты финансовых средств. Методика экономических расчётов систем теплоснабжения и основные направления оптимизации изложены в [2].

Для оценки экономических показателей авторами были выявлены основные направления возможного снижения затрат при переходе систем теплоснабжения на закрытую схему:

- 1) уменьшение затрат электроэнергии на подпитку тепловой сети на ТЭЦ;
- 2) уменьшение затрат на химводоочистку (ХВО) на ТЭЦ.

В то же время потребуются дополнительные средства для переоборудования тепловых пунктов:

- 1) установка подогревателей горячей воды;
- 2) оборудование тепловых пунктов системами ХВО.

Кроме того, потребовалось оценить возможное изменение расхода теплоносителя в тепловой сети при переходе на закрытую схему, диаметров трубопроводов и потерь тепла при транспортировании теплоносителя.

Оценка затрат при переходе на закрытую схему теплоснабжения была выполнена на примере жилого района с тепловой нагрузкой около 70 МВт, в том числе на отопление и вентиляцию – около 60 МВт, на горячее водоснабжение (средняя) – около 10 МВт.

Расходы теплоносителя были рассчитаны по СНиП 2.04.07-86\* «Тепловые сети», так как в последующих изданиях необходимые формулы не приводятся.

Несмотря на различие формул для определения расходов теплоносителя на горячее водоснабжение в открытой и закрытой системах, значения суммарных расчётных расходов отличаются не более, чем на 9 %. Следовательно, мощность сетевых насосов, диаметры трубопроводов, толщина тепловой изоляции и размеры сопутствующего механического оборудования и строительных конструкций будут одинаковыми в открытой и закрытой системах.

Сопоставим производительность подпиточных насосов на ТЭЦ. Рекомендации по расчёту максимального часового расхода подпиточной воды приводятся в СП 124.13330.2012 «Тепловые сети».

Для закрытых схем расход принимается на компенсацию потерь сетевой воды в размере 0,0025 объёма воды в системе с учётом расхода на заполнение системы. Объём воды приблизительно равен 65 м<sup>3</sup>/ МВт расчётного теплового потока, расход воды на заполнение при диаметре магистрального участка 400 мм составляет 65 м<sup>3</sup>/ч. При величине расчётного теплового потока 70 мВт производительность подпиточных насосов на ТЭЦ составит для закрытой схемы

$$G_{\text{закр}} = 70 \cdot 65 \cdot 0,0025 + 65 = 76,4 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для открытых схем производительность подпиточных насосов на ТЭЦ принимается равной сумме расхода воды на компенсацию потерь сетевой воды в размере 0,0025 объёма воды в системе и максимального расхода воды на горячее водоснабжение при расположении всех баков – аккумуляторов на источнике теплоты (ТЭЦ). При расположении части баков – аккумуляторов в районе теплоснабжения согласно СП учитывается средний расход теплоносителя на горячее водоснабжение с коэффициентом 1,2.

Объём воды в открытой системе принимается в размере 70 м<sup>3</sup>/ МВт расчётного теплового потока. Получим следующие результаты:

при расположении части баков – аккумуляторов в районе теплоснабжения

$$G_{\text{откр}} = 70 \cdot 70 \cdot 0,0025 + 1,2 \cdot 40 \cdot 3,6 = 185 \text{ м}^3/\text{ч};$$

при расположении всех баков – аккумуляторов на источнике теплоты (ТЭЦ) производительность подпиточных насосов на ТЭЦ возрастает до

$$G_{\text{откр}} = 70 \cdot 70 \cdot 0,0025 + 95,2 \cdot 3,6 = 353 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Таким образом, производительность подпиточных насосов на ТЭЦ при переходе на закрытую схему может уменьшиться почти в 2,5 раза, что повлияет на затраты на химводоочистку и расход электроэнергии на перекачку воды.

Химводоочистка является важнейшим этапом подготовки воды и обеспечивает надёжность работы системы теплоснабжения в целом [3]. Стоимость химводоочистки составляет 15 руб. на куб. метр деаэрированной воды и зависит от объёмов подпитки.

При закрытой схеме для условий примера получим величину годовых затрат на ХВО:

$$З = 76,4 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 15 = 10 \text{ млн. руб./год};$$

при открытой схеме затраты на ХВО составят:

$$З = 185 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 15 = 24 \text{ млн. руб./год}.$$

Соответственно возрастают расход электроэнергии и затраты на её оплату. Для закрытой схемы годовой расход электроэнергии узла подпитки ТЭЦ составит 87 тыс. кВт·ч, для открытой - 175 тыс. кВт·ч.

При стоимости электроэнергии 2 руб./ кВт·ч получим величину затрат на электроэнергию узла подпитки ТЭЦ в размере 174 тыс. руб./год и 350 тыс. руб./год для закрытой и открытой схем соответственно.

Таким образом, переход на закрытую схему может дать экономический эффект для источника теплоснабжения около 14,4 млн. руб. / год. При расположении всех баков-аккумуляторов на источнике теплоты экономический эффект увеличится почти в два раза.

Однако при переходе на закрытую схему потребуется оборудование тепловых пунктов теплообменниками и установками ХВО. Авторами была выполнена оценка затрат на переоборудование индивидуального теплового пункта (ИТП) на примере жилого дома с тепловой нагрузкой на отопление 290 кВт и максимальной на горячее водоснабжение 132 кВт. Использовались рекомендации, приведённые в работах [4,5].

Согласно локальной смете, включающей установку подогревателей для горячего водоснабжения, термометров, манометров, водомерных узлов, грязевиков, предохранительных клапанов, регуляторов, а также монтажных и наладочных работ, затраты составили около 645 тыс. руб. В то же время затраты на аналогичный ИТП для открытой схемы не превышают 213 тыс. руб.

С учётом эксплуатационных расходов приведённые затраты на ИТП указанной мощности составят для закрытой схемы 882 тыс. руб./год.

Результаты сравнения экономических показателей открытой и закрытой схем теплоснабжения для ИТП показывают, что при переводе на закрытую схему дополнительные затраты могут составить около 900 тыс. руб. на один ИТП жилого дома с суммарной тепловой нагрузкой 420 кВт. Учитывая количество объектов, капитальные затраты на переоборудование ИТП могут составить для жилого квартала не менее 6 млн. руб. Кроме того, при закрытой схеме возрастают эксплуатационные расходы до 250 тыс. руб./год на один ИТП, а для квартала – до 2,5 млн. руб./год.

Полученные результаты позволяют оценить энергоэффективность тепловой сети в соответствии с требованиями Свода правил СП 124.13330.2012. Энергоэффективность характеризуется отношением тепловой энергии, полученной потребителями, к тепловой энергии, выданной от источника.

Сравним основные показатели открытой и закрытой схем. Установлено, что расходы тепла и теплоносителя, а также диаметры трубопроводов при закрытых и открытых схемах практически одинаковые. Основное различие в объёмах подпитки, мощности химводоочистки и расходах электроэнергии. Однако при закрытых схемах увеличивается нагрузка на системы холодного водоснабжения и затраты на оборудование тепловых пунктов. Специалисты указывали, что выбор открытой или закрытой схемы определяется наличием и мощностью источников водоснабжения в районе ТЭЦ и в городе [6].

Выполненный анализ подтверждает необходимость детальных расчётов и технико-экономического обоснования проектов перевода систем теплоснабжения на закрытую схему с учётом региональных условий и планов развития муниципальных образований.

#### Список использованных источников

1. Орлов М. Е., Шарапов В. И. Повышение эффективности городских систем теплоснабжения за счёт совершенствования их структуры // Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции : сборник докладов V Международной научн.-техн. конф. М. : МГСУ, 2013. С. 314-320.
2. Ионин А. А. Теплоснабжение / А. А. Ионин, Б. М. Хлыбов, В. Н. Братенков [и др.]. М.: Стройиздат, 1982. 336 с. Репринт. М. : ЭКОЛИТ, 2011. 336 с.
3. Магадеев В. Ш. Источники и системы теплоснабжения. М. : ИД «ЭНЕРГИЯ», 2013. 213 с.

4. Самарин О. Д. Теплофизические и технико-экономические основы теплотехнической безопасности и энергосбережения в здании. М. : МГСУ. 2007. 160 с.
5. Дмитриев А. Н., Ковалёв И. Н., Шилкин Н. В. [и др.]. Руководство по оценке эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия. М. : АВОК – ПРЕСС, 2005. 120 с.
6. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети. М. : МЭИ, 2009. 472 с.

УДК 662.741.33:658.18

Гордеева И. С., Болотников С. С., Картавец С. В.  
Магнитогорский государственный технический университет  
5otl@mail.ru, mills\_brothers@mail.ru, kartavzw@mail.ru

## ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В АГЛОКОКСОДОМЕННОМ КОМПЛЕКСЕ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ТЕПЛОТЫ РАСКАЛЕННОГО КОКСА

**Аннотация.** В работе рассмотрена схема аглококсоδοменного комплекса. Определен энергосберегающий эффект для данной схемы.

Предприятия черной металлургии, потребляя значительное количество топливно-энергетических ресурсов, производят значительную долю вторичных энергетических ресурсов (ВЭР). Теплота раскаленного кокса является ценным ВЭР, рациональное использование которого представляет значительный потенциал энергосбережения в аглококсоδοменном комплексе.

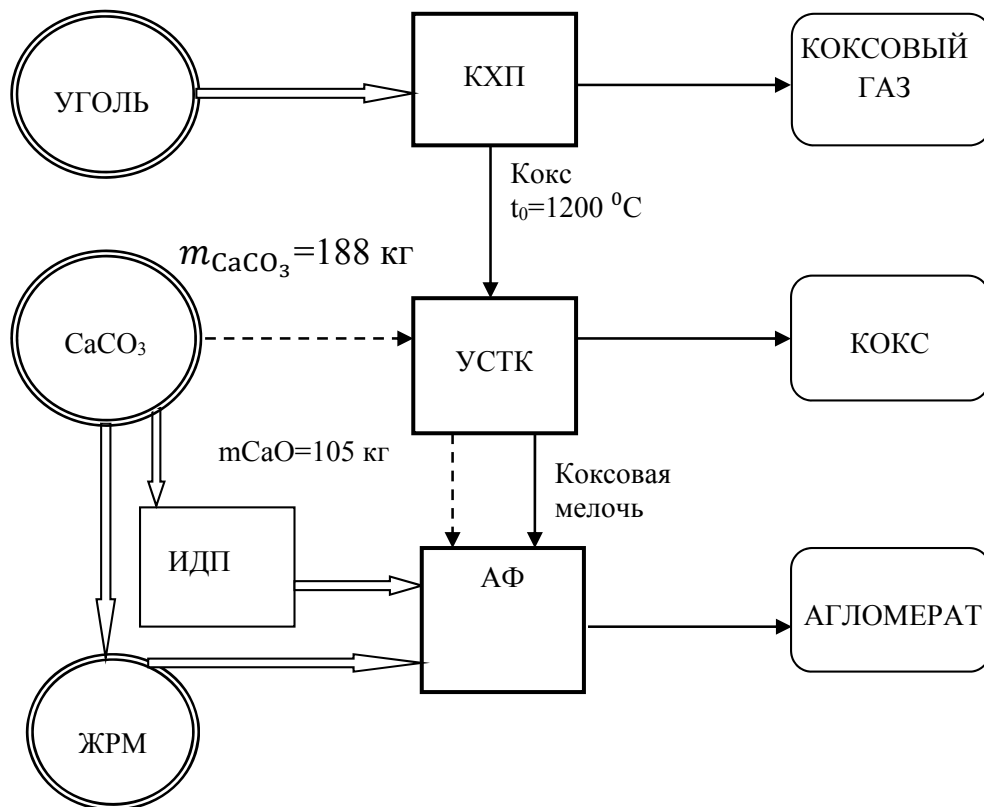


Схема взаимосвязи аглококсоδοменного комплекса